

0- 775336

На правах рукописи



МАКСЮТИН СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ  
ИНФОРМАЦИИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНЫМ  
ХОЗЯЙСТВОМ РЕГИОНА**

Специальность:

05.13.18 – математическое моделирование, численные методы  
и комплексы программ

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой  
степени кандидата технических наук

Казань - 2009

4. Применить разработанные математические модели и методики для построения информационного обеспечения СППР в рамках задач оценки функционирования ЖКХ региона и задачи планирования вывоза ТБО.
5. Разработать математическую и инфологическую модели формата выгрузки данных из АИС ЖКХ СППР.
6. Разработать математическую и инфологическую модели формы ввода дополнительной информации.
7. Разработать и реализовать функциональную модель программного средства для выгрузки информации в СППР Министерства.
8. Разработать и реализовать информационно-технологическую модель взаимодействия пользователей, АИС ЖКХ и СППР.

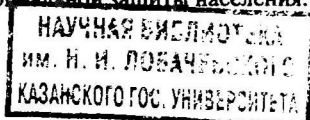
**Методы исследования.** При решении поставленных задач использовались математические модели и методы системного анализа, кластерного анализа, классические методы решения задач линейного и целочисленного программирования.

#### **Научная новизна результатов исследований.**

1. Методика оценки функционирования ЖКХ на основе метода самоорганизующихся карт Кохонена.
2. Математическая модель задачи планирования вывоза ТБО, метод и алгоритм её решения.
3. Математические модели формата выгрузки информации для СППР и формы ввода дополнительной для выгрузки информации.
4. Функциональная модель программного средства «Подсистема выгрузки», обеспечивающая поступление информации, удовлетворяющей требованиям СППР.
5. Модифицированная структура СППР в условиях разрозненных банков данных АИС ЖКХ и обеспечения доступности населению информации жилищно-коммунальной отрасли.

**Достоверность результатов работы.** Научные результаты диссертационной работы получены на основании достоверных знаний прикладной информатики, систем управления базами данных и использования строгого математического аппарата. Полученные результаты подтверждены вычислительными экспериментами, практическим применением разработанных методик для построения информационного обеспечения ряда задач управления в области ЖКХ, актами использования в деятельности научно-технического центра по разработке программных продуктов, Министерства строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства, актами внедрения в учебный процесс.

**Практическая ценность** заключается в применении предложенных в работе моделей и методик при разработке системы поддержки принятия решений в области жилищно-коммунального хозяйства. Предложенные методы, методики и инфологические модели, а также решение задачи планирования могут быть использованы в различных прикладных областях, где возникают аналогичные задачи, например, в области социальной защиты населения.



**Реализация работы.** Результаты выполненных исследований и разработок использовались отделом АСУ Научно-технического центра «Лайн» при разработке и внедрении системы поддержки принятия решений в Республике Татарстан в рамках развития существующей распределенной автоматизированной системы организационного управления «Коммунальные платежи». Разработка выполнялась в рамках хоздоговорных научно-исследовательских работ с Министерством строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства. Результаты диссертации использованы в учебном процессе Казанского Государственного технического университета им. А.Н. Туполева на кафедре «Прикладная математика и информатика» в виде курсовых и дипломных работ бакалавров, магистров и инженеров.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на следующих международных, всероссийских, республиканских конференциях:

Девятая международная научно-практическая конференция «Системный анализ в проектировании и управлении» (Санкт - Петербург, 2005); XVI международная научно-техническая конференция «Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании» (Пенза, 2005), Восьмая международная научно-практическая конференция «Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики» (Сочи, 2005); «Новейшие технологические решения и оборудование» (Москва, 2006); Десятая международная научно-практическая конференция «Системный анализ в проектировании и управлении» (Санкт - Петербург, 2006); Всероссийская научная конференция «Информационные технологии в науке, образовании и производстве» (Казань, 2007); Одиннадцатая международная научно-практическая конференция «Системный анализ в проектировании и управлении» (Санкт - Петербург, 2007); Международная молодежная научная конференция пятнадцатые Туполевские чтения (Казань, 2007).

**Публикации.** По теме диссертации опубликованы девять научных работ, в том числе одна статья в журнале, рекомендуемом ВАК («Вестник КГТУ»).

#### **Структура и объем работы.**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа содержит 170 страниц основного текста, 45 рисунков, 22 таблицы. Список литературы включает 92 наименования.

#### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

В первой главе рассматриваются основные задачи и функции Министерства строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства, структура распределенной автоматизированной информационной системы жилищно-коммунального хозяйства, структура и состав типовой системы поддержки принятия решений, способы организации хранения информации в хранилище данных.

Структура распределенной АИС, а также её функции на разных уровнях представлены на рис. 1. К поставщикам информации относятся: отделы социальной защиты, паспортно-визовой службы, филиалы предприятий ЖКХ и др.

Детальная информация нижнего уровня иерархии передается на верхний уровень. Кроме детальных данных на верхний уровень передается некоторое количество обобщенных данных для оперативного получения регламентированных отчетов. Чем выше уровень иерархии, тем больший объем приходится обрабатывать для получения сводной информации. Специальные OLAP технологии, предназначенные для работы с большими объемами данных, и специальные структуры хранения данных – хранилища данных, оптимизированные для последующего анализа хранящейся в них информации, позволяют преодолеть существующие недостатки в подготовке принятия управленческих решений.

Стандартная автоматизированная система поддержки принятия решений на основе технологий OLAP и хранилища данных (рис. 2) включает: 1) подсистему сбора и загрузки данных; 2) подсистему администрирования; 3) хранилище данных; 4) подсистему анализа и представления данных.

Для снижения трудоемкости обработки (согласования, проверки, корректировки) поступающих в СППР данных следует расширить стандартную структуру системы поддержки принятия решений, включив в состав подсистемы сбора подсистему выгрузки согласованных данных из оперативных систем. Таким образом, большая часть работы по согласованию данных будет проводиться в АИС – источниках данных, что позволит оперативно находить и корректировать ошибочно введенные данные и повысит качество поступающей в СППР информации.

Для создания программного и информационного обеспечения систем поддержки принятия решений используются стандартные программные средства, имеющиеся в большинстве современных систем управления базами данных (СУБД). Они позволяют: проектировать структуру хранилища данных (основной и оперативный склады), организовывать процесс загрузки информации в хранилище, разрабатывать процедуры обработки данных в СППР и предоставлять возможность просмотра хранилища. Поэтому для создания СППР ЖКХ необходимо разработать:

1. математические постановки аналитических задач управления, методы и алгоритмы их решения, определяющие состав информации, которая должна присутствовать в хранилище данных;
2. инфологическую модель оперативного и основного склада хранилища данных ЖКХ;
3. математическую и инфологическую модели форматов, загружаемых в хранилище данных из АИС – источников информации.
4. математическую и инфологическую модели форматов, загружаемых в хранилище данных из АИС – источников информации.

Очевидно, что для сокращения трудозатрат при создании СППР в различных прикладных областях требуется:

1. разработать технологическую модель функционирования СППР, обеспечивающую инвариантность программного обеспечения при изменении информации предметной области;





Рис. 2. Стандартная структура СППР

2. модернизировать стандартную структуру и состав программного и информационного обеспечения СППР, учитывая инвариантность программного обеспечения.

Ведущими компаниями, предоставляющими инструментальные средства разработки систем поддержки принятия решений, являются Oracle, Microsoft, IBM, Informix, SAS Institute, Sybase. Анализ функциональных спецификаций программных средств разных компаний показал, что для создания системы поддержки принятия решений в области ЖКХ целесообразно выбрать продукты компаний Oracle или Microsoft. Однако, с точки зрения визуализации и предоставления данных в удобном для пользователя виде стандартные средства компаний Oracle и Microsoft далеки от совершенства. Поэтому для визуализации и публикации данных СППР в Интернет целесообразно использовать продукты компаний Business Objects/Crystal Decision, Cognos, MicroStrategy.

Вторая глава посвящена разработке методики анализа функционирования жилищно-коммунальной отрасли, постановке задачи планирования вывоза ТБО, разработке её математической модели, методов и алгоритмов решения.

Задачи обработки информации жилищно-коммунального хозяйства подразделяются на статистические, прогнозные и задачи планирования. Задачи решаются на основе собранной информации банков данных расчетных центров и предприятий отрасли с использованием математических методов и алгоритмов. К статистическим задачам ЖКХ относятся построение распределения платежей населения по календарным датам, вычисление средних тарифов по услугам на единицу обслуживаемой площади, распределение жилищного фонда в зависимости от комфортности и благоустроенности жилья, а также другие задачи.

К прогнозным задачам ЖКХ относятся задачи прогнозирования в разрезе городов и районов региона: собираемости платежей, задолженности населения по

оплате за ЖКУ, роста объемов и тарифов на жилищно-коммунальные услуги, объемов капитального ремонта жилищно-коммунальных коммуникаций и другие задачи.

К задачам планирования в ЖКХ относятся: планирование доходов и расходов отрасли, составление расписания для вывоза твердых бытовых отходов, определение оптимальных мест застройки зданий и сооружений, планирование инвестиционных вложений и др.

Для решения большинства перечисленных выше задач жилищно-коммунального хозяйства можно применить известные математические модели и методы. Однако, существуют задачи, которые требуют разработки математических моделей и методик для их реализации в программном обеспечении системы поддержки принятия решений. К таким задачам относятся, в частности, задача оценки функционирования жилищно-коммунального хозяйства и задача планирования вывоза ТБО.

Для решения задачи оценки функционирования ЖКХ разработана методика, основанная на кластерном анализе, а именно на методе самоорганизующихся карт Кохонена. Кластеризация осуществляется по четырем показателям: доля недопоставки ЖКУ, доля задолженности по оплате за ЖКУ, доля оплаты начислений за ЖКУ, доля субсидии государства населению на оплату ЖКУ. Все районы разбиваются на 6 кластеров: районы с высоким уровнем качества оказания ЖКУ, с уровнем выше среднего, средним, ниже среднего и районы с неудовлетворительным качеством, районы с недостоверными данными. Для каждого кластера вычисляются средние значения по каждому из показателей: по обратной величине к доле оплаты –  $x_1$ , доле задолженности –  $x_2$ , доле недопоставки –  $x_3$ , а также доле субсидии –  $x_4$ . Под обобщенным показателем кластера понимается длина вектора  $x = (x_1, x_2, x_3, x_4)$ . Кластеру с меньшей длиной данного вектора соответствуют лучшие (меньшие) значения показателей. Кластеры ранжируются по обобщенному показателю.

Для каждого кластера вырабатываются предварительные типовые управляющие воздействия с целью улучшения показателей. Далее строятся графики динамики изменения обобщенных показателей районов в зависимости от календарных дат (месяцев года). Анализ полученных графиков для каждого района позволяет группе экспертов – специалистов делать выводы о стабильности или нестабильности, а также о тенденции развития района. Анализ типовых управляющих воздействий для кластеров рассматриваемого района совместно с динамикой изменения его четырех исходных параметров позволяют уточнить управляющие воздействия на факторы, улучшающие показатели.

Пример использования методики приведен на рис. 3.

Из рис. 3 видно, что район Набережные Челны в течении года стабильно принадлежал к кластеру с рангом 2. Такая стабильность говорит о надлежащем уровне оплаты ЖКУ и низкой доли недопоставок, но в то же время значительна задолженность предыдущего периода. Для улучшения ситуации в районе необходимо усилить работу с должниками.

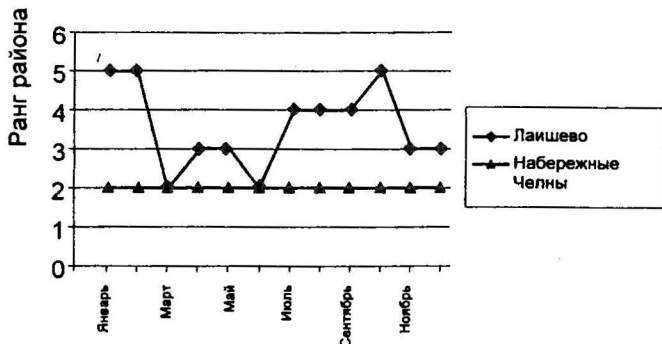


Рис. 3. Динамика миграции по кластерам двух районов РТ

Лаишевский район наоборот демонстрировал высокую динамику изменения ранга района, что свидетельствует о проблемах с оплатой жилищно-коммунальных услуг и росту задолженности. Для улучшения ситуации в районе необходимо усилить работу с должниками и предусмотреть комплекс мер по увеличению субсидий малообеспеченным гражданам на оплату ЖКУ.

**Постановка задачи планирования вывоза ТБО** заключается в следующем. Для каждого предприятия требуется определить необходимое число машин, обеспечивающих вывоз ТБО из прикрепленных к предприятию территорий за минимальный интервал времени. Также для каждой машины требуется определить маршрут, оптимальный с точки зрения стоимости вывоза ТБО.

Решение рассматриваемой задачи предлагается разбить на последовательное решение трех подзадач: 1) задачи кластеризации множества площадок сбора твердых бытовых отходов; 2) задачи построения оптимальных маршрутов объезда площадок одного кластера; 3) задачи определения необходимого числа машин и расписания сбора ТБО.

*Математическая модель задачи кластеризации множества площадок сбора ТБО* имеет следующий вид. Пусть  $R$  – число площадок сбора ТБО;  $N$  – множество всех площадок;  $V_i$  – максимальный объем,  $P_i$  – максимальный вес ТБО, вмещаемых  $i$ -ой площадкой,  $s_i = (s_{i1}, s_{i2})$  – координаты  $i$ -ой площадки ( $i = \overline{1, R}$ );  $V_{\kappa}$  – объем кузова,  $P_{\kappa}$  – грузоподъемность машины.

Требуется разбить множество площадок на кластеры  $S_j$ , определив при этом их число  $k$ , таким образом, чтобы выполнялись следующие условия:

$$S_i \cap S_j = \emptyset, i \neq j, (i, j = \overline{1, k}), \bigcup_{i=1}^k S_i = N, \sum_{i \in S_j} V_i \leq V_{\kappa}, \sum_{i \in S_j} P_i \leq P_{\kappa}, (j = \overline{1, k}) \quad (1)$$

В зависимости от исходных данных эффективными могут быть различные методы кластеризации. Поэтому для решения рассматриваемой задачи в программном обеспечении СППР разрабатываются и реализуются следующие алгоритмы кластеризации: итеративный метод  $k$ -средних; алгоритм кластеризации с выбором первой точки, ближайшей к базовой точке, в качестве которой может

использоваться начало координат, предприятие, завод по переработке ТБО, «центр тяжести» всех точек; алгоритм кластеризации с выбором первых двух точек, евклидово расстояние между которыми минимально.

*Математическая модель задачи построения оптимального маршрута объезда площадок одного кластера.*

Предполагается, что машина начинает свой первый маршрут на предприятии, организующим вывоз ТБО, и заканчивает на заводе по переработке ТБО. Второй и последующие маршруты начинаются непосредственно с завода. Таким образом, необходимо определить оптимальные маршруты двух типов:

1) Маршрут «предприятие – кластер – завод».

Введем переменные

$$y_{qi} = \begin{cases} 1, & \text{если машина проезжает непосредственно из } q - \text{й точки в } i - \text{ю,} \\ 0 & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad q, i = \overline{0, b_j}, \quad (2)$$

где  $b_j$  – число площадок сбора ТБО в кластере  $S_j$ , включая завод. При этом предприятию присваивается номер 0, а заводу по переработке ТБО –  $b_j$ . Расстояние  $h_{qi}$  между  $q$ -ой и  $i$ -ой точками определяется по векторной карте города как длина кратчайшего пути. Поставленная задача сводится к задаче коммивояжера следующим образом. Положим все расстояния  $h_{q,0}$  ( $q = \overline{0, b_j - 1}$ ) между площадками и предприятием, а также расстояния  $h_{b_j,i}$  ( $i = \overline{1, b_j}$ ) между заводом и площадками, равными бесконечности. Расстояние  $h_{b_j,0}$  между заводом и предприятием примем равным нулю. После этих изменений любой замкнутый маршрут конечной длины будет содержать переход  $(b_j, 0)$  нулевой длины между заводом и предприятием. Если же исключить данный переход, то оставшийся маршрут будет начинаться на предприятии и заканчиваться на заводе.

Целевая функция, определяющая длину маршрута, и ограничения имеют вид:

$$\sum_{q=0}^{b_j} \sum_{i=0}^{b_j} h_{qi} y_{qi} \rightarrow \min, \quad \sum_{q=0}^{b_j} y_{qi} = 1, \quad i = \overline{0, b_j}, \quad \sum_{i=0}^{b_j} y_{qi} = 1, \quad q = \overline{0, b_j}, \quad (3)$$

$$u_q - u_i + b_j y_{qi} \leq b_j - 1; \quad u_q \geq 0; \quad q, i = \overline{1, b_j}; \quad q \neq i; \quad j = \overline{1, k}, \quad y_{qi} \in \{0, 1\}, \quad q, i = \overline{0, b_j}. \quad (4)$$

2) Маршрут «завод – кластер – завод».

Введем переменные

$$y'_{qi} = \begin{cases} 1, & \text{если машина проезжает непосредственно из } q - \text{й точки в } i - \text{ю,} \\ 0 & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad q, i = \overline{0, m_j}, \quad (5)$$

где  $m_j$  – число площадок по сбору ТБО в кластере  $S_j$ . Заводу присваивается номер 0.

Тогда целевая функция, определяющая длину маршрута, и ограничения имеют вид:

$$\sum_{q=0}^{m_j} \sum_{i=0}^{m_j} h_{qi} y'_{qi} \rightarrow \min, \quad \sum_{q=0}^{m_j} y'_{qi} = 1, \quad i = \overline{0, m_j}, \quad \sum_{i=0}^{m_j} y'_{qi} = 1, \quad q = \overline{0, m_j}, \quad (6)$$

$$u'_q - u'_i + m_j y'_{qi} \leq m_j - 1; \quad u'_q \geq 0; \quad q, i = \overline{1, m_j}; \quad q \neq i; \quad j = \overline{1, k}, \quad y'_{qi} \in \{0, 1\}, \quad q, i = \overline{0, m_j}. \quad (7)$$

Рассматриваемые математические модели (2) – (7) являются моделями

задачи коммивояжера. Для решения задачи коммивояжера используется одна из реализаций метода ветвей и границ – алгоритм Литтла, Мурти, Суини и Кэрел.

*Математическая модель задачи определения необходимого числа машин и расписания сбора ТБО* заключается в следующем. Пусть  $T$  – длительность рабочего дня водителя и для каждого кластера  $S_j$  определены маршруты  $L_j$  и  $L'_j$  ( $j = \overline{1, k}$ ). Тогда вывоз бытовых отходов по маршрутам занимаем время  $z_j$  и

$$z_j : z'_j = \frac{1}{v_r} \sum_{q=1}^{b_j} \sum_{i=1}^{b_j} h_{qi} y_{qi} + \Delta t_j, z'_j = \frac{1}{v_r} \sum_{q=0}^{m_j} \sum_{i=0}^{m_j} h_{qi} y'_{qi} + \Delta t_j, \text{ где } v_r - \text{средняя скорость машина,}$$

$\Delta t_j$  – суммарное время остановок для сбора отходов с площадок кластера  $S_j$  и  $\Delta t_j = t_{cp} \cdot \sum_{i \in S_j} \delta_i$ , где  $\delta_i$  – число контейнеров на  $i$ -ой площадке кластера  $S_j$ ,  $t_{cp}$  – среднее время забора отходов из контейнера. Стоимости вывоза отходов с площадок кластера  $S_j$  по маршрутам  $L_j$ ,  $L'_j$  равны:  $c_j = St \cdot z_j$ ,  $c'_j = St \cdot z'_j$ , где  $St$  – средняя стоимость эксплуатации машины в час.

Допустим, что известно число машин  $N$ , необходимое для вывоза всех бытовых отходов, и первый кластер, который каждая машина обслуживает, выезжая с предприятия. Тогда для того, чтобы распределить между машинами оставшиеся кластеры сформулируем следующую задачу целочисленного линейного программирования (ЗЦЛП).

Обозначим через  $K = \{1, 2, \dots, k\}$  – номера всех кластеров,

$Q = \{q_1, q_2, \dots, q_N\}$  – номера первых кластеров,

$X = \{x_{ij}\}_{N \times (1..k)}$  – распределение кластеров по обслуживающим машинам, где:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i - \text{я машина забирает ТБО с площадок } j - \text{го кластера,} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad i = \overline{1, N}, j \in K \setminus Q.$$

Тогда целевая функция, определяющая суммарную стоимость вывоза отходов, и ограничения имеют вид:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j \in K \setminus Q} c'_j x_{ij} + \sum_{j \in Q} c_j \rightarrow \min, \quad (8)$$

$$\sum_{j \in K \setminus Q} z'_j x_{ij} \leq T - z_{q_i}, \quad i = \overline{1, N}, \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{ij} = 1, \quad j \in K \setminus Q, \quad (10)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i = \overline{1, N}, j \in K \setminus Q. \quad (11)$$

Ограничение (9) означает, что каждая машина работает в пределах времени  $(T - z_{q_i})$ . Ограничение (10) означает, что отходы из одного кластера может забрать только одна машина.

Задача (8) – (11) может быть решена классическим методом – методом Ленда и Дойга, если переменные  $N$  и  $Q$  известны. Для нахождения значений переменных  $N$  и  $Q$  предлагается метод и алгоритм их определения.

В третьей главе рассматриваются математические, инфологические модели формата выгрузки и формы ввода информации, необходимой для её выгрузки, а

также технологическая модель функционирования программного средства «Подсистемы выгрузки».

Структура формата выгрузки может быть описана на теоретико-множественном уровне в виде следующей модели:  $M = \{S, N, C, R\}$ . (11)

1. Описание параметров формата выгрузки:  $S = \{(S1, S2, S3, S4, S5, S6)\}$ , где S1 – уникальный идентификатор формата; S2 – семантическое описание формата; S3 – период выгрузки (ежегодной, полугодовой, ежеквартальной, ежемесячной, еженедельной, ежедневной, однократной); S4 – маска имени электронного файла выгрузки; S5 – адресат – источник формата выгрузки; S6 – версия формата выгрузки.

2. Описание выгружаемых элементов формата:  $N = \{(N1, N2, N3, N4, N5, N6, N7, N8, N9, N10, N11, N12)\}$ , где N1 – уникальный номер выгружаемого элемента; N2 – тег на языке XML (произвольной длины из букв латинского алфавита); N3 – семантическое описание элемента выгрузки; N4 – невозможность (1) или возможность (0) пропуска данного элемента при выгрузке; N5 – минимальное количество вхождений элемента данного типа; N6 – максимальное количество вхождений элемента данного типа; N7 – условие выгрузки элемента, возвращающее истину или ложь в зависимости от конкретных данных, или ИСТИНА в случае безусловной выгрузки; N8 – имя файла, в который будет выгружаться элемент; N9 – идентификатор столбца в терминах СУБД, который соответствует элементу формата; N10 – идентификатор запроса, отвечающего за выборку элемента, совпадающий с некоторым значением из множества R1; N11 – тип выгружаемых данных (строка, число, дата); N12 – идентификатор формата, к которому принадлежит элемент, совпадающий с некоторым значением из множества S1.

3. Описание связей элементов:  $C = \{(C1, C2, C3, C4, C5)\}$ , где C1 – уникальный идентификатор связи; C2 – идентификатор формата выгрузки, совпадающий с некоторым значением из множества S1; C3 – уникальный идентификатор родительского элемента, совпадающий с некоторым значением из множества N1; C4 – уникальный идентификатор дочернего элемента, совпадающий с некоторым значением из множества N1; C5 – номер связи в пределах рассматриваемого уровня иерархии.

4. Описание используемых запросов на выборку элемента:  $R = \{(R1, R2, R3)\}$ , где R1 – уникальный идентификатор запроса; R2 – текст запроса; R3 – комментарии к запросу.

На рис. 4 представлена инфологическая модель формата выгрузки, построенная на основе математической модели.

Структура формы ввода может быть описана на теоретико-множественном уровне в виде следующей модели:  $M = \{S, N, C, T, R, L\}$  (12)

1. Описание параметров формы:  $S = \{(S1, S2, S3, S4, S5)\}$ , где S1 – уникальный номер формы ввода; S2 – семантическое описание формы; S3 – период, за который собирается информация (ежегодный, полугодовой, ежеквартальный, ежемесячный, еженедельный, ежедневный, однократный); S4 – организация – потребитель информации; S5 – версия формы ввода.

Описание элементов формы ввода:  $N=\{(N1, N2, N3, N4, N5, N6, N7, N8, N9, N10)\}$ , где  $N1$  – уникальный номер выгружаемого элемента;  $N2$  – семантическое описание элемента выгрузки;  $N3$  – тип данных (строка, число и т.д.);  $N4$  – идентификатор справочника, совпадающий с некоторым значением из множества  $R1$ ;  $N5$  – ограничение на ввод, представляющее собой строку, содержащую некоторое логическое условие на языке SQL на значение поля;  $N6$  – идентификатор формы ввода, к которой принадлежит элемент, совпадающий с некоторым значением из множества  $S1$ ;  $N7$  – значение по умолчанию, если элемент не связан со справочником;  $N8$  – код значения из справочника, если элемент связан со справочником;  $N9$  – номер элемента по горизонтали в форме;  $N10$  – номер элемента по вертикали в форме.

2. Описание показателей:  $T=\{(T1, T2, T3)\}$ , где  $T1$  – уникальный идентификатор показателя;  $T2$  – семантическое описание показателя;  $T3$  – идентификатор справочника, совпадающий с некоторым значением из множества  $R1$ .

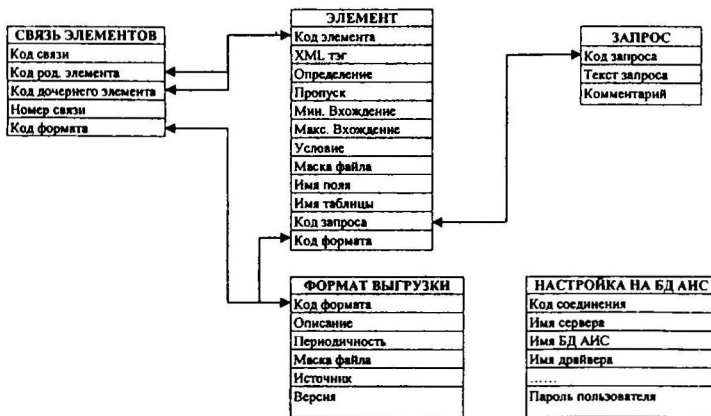


Рис. 4. Инфологическая модель базы данных «Подсистемы выгрузки» для хранения формата выгрузки

3. Описание связей элементов и показателей  $C=\{(C1, C2, C3, C4, C5, C6)\}$ , где  $C1$  – уникальный идентификатор связи;  $C2$  – идентификатор формы ввода, совпадающий с некоторым значением из множества  $S1$ ;  $C3$  – уникальный идентификатор элемента, совпадающий с некоторым значением из множества  $N1$ ;  $C4$  – уникальный идентификатор показателя, совпадающий с некоторым значением из множества  $T1$ ;  $C5$  определяет расположение показателя по вертикали или по горизонтали в таблице формы ввода;  $C6$  – номер уровня показателя в иерархии, показатель верхнего уровня, более общий, например, «организация» более общий

показатель, чем «филиал», и должна находиться на более высоком уровне иерархии.

4. Описание используемых справочников  $R=\{(R1, R2, R3)\}$ , где R1 – уникальный идентификатор справочника; R2 – наименование справочника; R3 – комментарий.
5. Описание значений используемых справочников  $L=\{(L1, L2, L3)\}$ , где L1 – уникальный идентификатор значения; L2 – уникальный идентификатор справочника, совпадающий с некоторым значением из множества R1; L3 – значение справочника.

Инфологическая модель формы ввода, строится по тем же правилам, что и инфологическая модель формата выгрузки.

Технологическая модель функционирования «Подсистемы выгрузки» представлена на рис. 5.

**Четвертая глава** посвящена видам обеспечения системы поддержки принятия решений жилищно-коммунального хозяйства. Описывается информационное обеспечение задачи оценки функционирования жилищно-коммунального хозяйства региона и вывоза ТБО.

На основе сформулированных требований к техническому обеспечению выбраны сервера фирмы Hewlett Packard, рабочие станции на основе процессором семейства Pentium III, Pentium IV, принтеры HP LaserJet 9000 для больших объемов печати и HP LaserJet 1200 для средних и малых объемов печати.

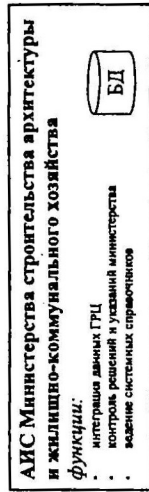
Алгоритмическое обеспечение включает в себя: алгоритмы, разработанные в главе 2, а также алгоритмы обработки информации базы данных в соответствии с требованиями отчетных форм Министерства.

Сформулированы требования к программному обеспечению, согласно которым выбраны операционная система Windows Server 2003 EE для серверов и Windows 2000, Windows XP, Windows Vista для рабочих станций, СУБД Microsoft SQL Server 2000, средство построения многомерных кубов Microsoft Analysis Server, средство проектирования подсистем Borland Delphi Studio 2006, Web-сервер Microsoft Internet Information Server.

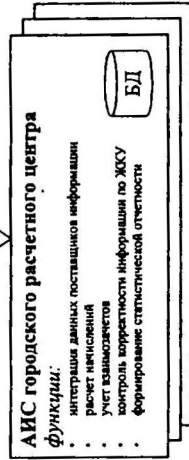
В рамках информационного взаимодействия СППР с внешними информационными системами обеспечена совместимость с действующими и создаваемыми информационными системами ЖКХ региона посредством открытых программных API интерфейсов, файлового обмена и доступа при помощи технологии Web-сервисов в едином согласованном формате на основе XML языка. Кроме того, для взаимодействия с населением в области жилищно-коммунального хозяйства в состав подсистем СППР (рис. 6.) включен информационный портал, обеспечивающий открытость и доступность информации в сфере ЖКХ региона для граждан и организаций. Серым цветом показаны подсистемы, добавленные к стандартной структуре СППР для построения СППР ЖКХ.



**Уровень  
Министерства**



**Муниципальный уровень**



**Уровень городского района  
или населенного пункта**

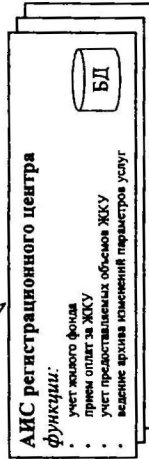
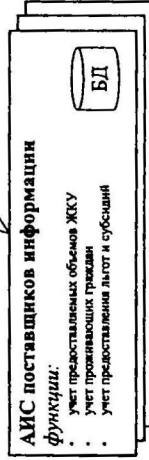


Рис. 1. Структура распределенной АИС ЖКХ

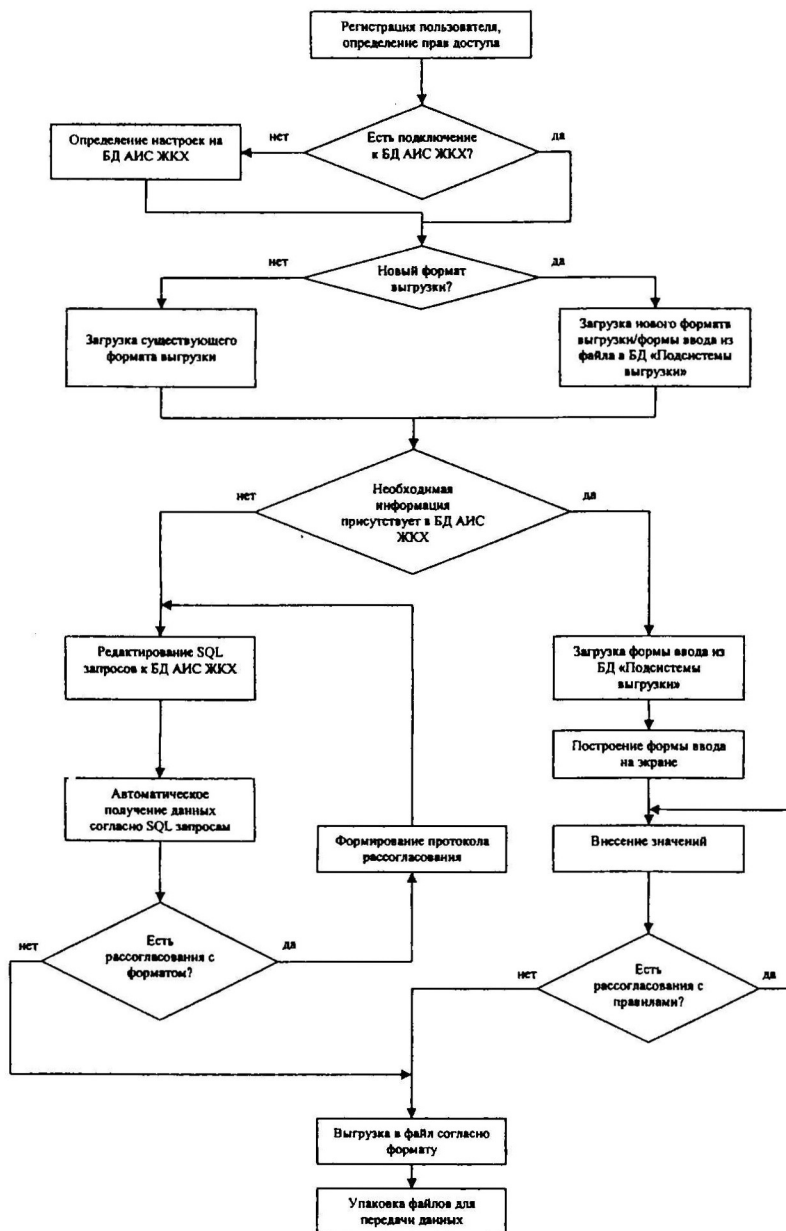


Рис. 5. Технологическая модель функционирования  
«Подсистемы выгрузки»

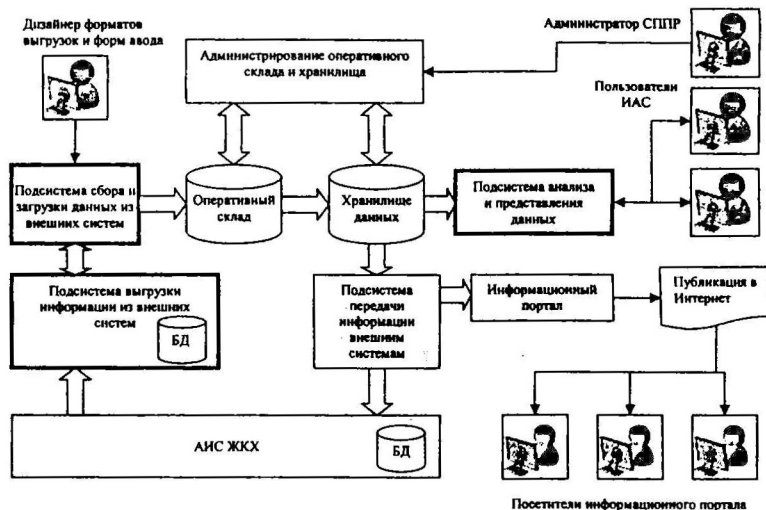


Рис. 6. Схема передачи данных в рамках СППР ЖКХ

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Проведен системный анализ функциональности используемых в отрасли АИС ЖКХ, выявлены недостатки существующих решений. Обоснована необходимость использования системы поддержки принятия решений (СППР) в жилищно-коммунальном хозяйстве. Проведен обзор программ – инструментальных средств создания СППР, даны рекомендации по выбору средства проектирования для реализации в области ЖКХ.
2. Обоснована необходимость включения в состав СППР ЖКХ средства выгрузки информации из АИС ЖКХ, разработана её технологическая модель функционирования. Разработаны математические и инфологические модели формата выгрузки, формы ввода информации, необходимой для выгрузки информации из АИС ЖКХ в СППР.
3. На основе кластерного анализа разработана методика оценки функционирования жилищно-коммунальной отрасли. Осуществлена постановка задачи планирования вывоза ТБО в виде последовательности трех задач: задачи кластеризации множества площадок сбора ТБО, задачи построения оптимальных маршрутов объезда площадок одного кластера, задачи определения необходимого числа машин и расписания сбора ТБО. Разработаны математические модели и алгоритмы решения вышеперечисленных задач.
4. Сформулированы требования к техническому и информационному обеспечению СППР ЖКХ. Разработана модифицированная структура и технология функционирования СППР ЖКХ в условиях разрозненности банков данных АИС ЖКХ, а также требования доступности информации жилищно-коммунальной отрасли населению.

10 =